

# STUDI PENGARUH WAKTU TINGGAL DAN PENGOLAHAN GANDA TERHADAP PARAMETER AMONIAK, NITRIT DAN NITRAT LINDI DENGAN BIOFILTER SISTEM ANAEROB-AEROB

Mochtar Hadiwidodo, Wiharyanto Oktiawan, Alloysius Riza Primadani

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang

## ABSTRACT

*Leachate is still an issue that can't be treated well enough. With a high content of pollutant and lack of government fund support makes landfill administrator must think about the most appropriate treatment that can be good enough before discarding leachate into the environment. Biofilter method is the one of alternatives leachate treatment that can be used. This method does not require a large operating costs and does not require skilled professionals to operate it. The parameters of pollutants that tested in this study are ammonia, nitrite and nitrate. This study is varying the time detention and double-treatment process. From the results can be concluded that the time detention greatly affect the removal efficiency and the double-treatment processs can make greater efficiency.*

**Keywords :** *leachate, biofilter, time detention, double-treatment process*

## PENDAHULUAN

Lindi dari Tempat Pemrosesan Akhir sampah (TPA) umumnya mengandung senyawa nitrogen seperti amoniak, nitrit dan nitrat yang sangat tinggi konsentrasinya (Mangimbulude et al., 2012). Tidak terkecuali lindi pada TPA Ngronggo, Salatiga. Walaupun TPA ini sudah memiliki instalasi khusus pengolah lindi, pengolahan tersebut belum dioperasikan sehingga lindi tidak dapat diproses.

Metode pengolahan yang dapat digunakan dapat berupa proses pengolahan secara kimiawi dan biologis (Tchobanoglous, 2003). Namun karena proses pengolahan kimiawi membutuhkan penambahan zat kimia terus menerus, proses ini membutuhkan biaya yang mahal dan tenaga kerja dan terlatih, maka digunakan proses biologis yang lebih mudah dan murah dalam pengoperasiannya.

Metode biofilter merupakan salah satu metode pengolahan secara biologis yang dapat dipilih. Metode ini terbukti dapat menyisihkan senyawa nitrogen pada lindi. Biofilter dengan menggunakan media bioball telah berhasil menurunkan amoniak-nitrogen hingga 98% dan nitrat hingga 90% (Latifah, 2011 dan Jenni, 2011). Pada penelitian ini digunakan proses biofilter secara anaerob dan

aerob yang berfungsi untuk menciptakan kondisi yang ideal untuk proses nitrifikasi dan denitrifikasi sehingga dapat menyisihkan senyawa nitrogen (Said, 2002).

## STUDI PUSTAKA

### Lindi

Tchobanoglous (1993) menyatakan bahwa lindi (*leachate*) adalah cairan yang meresap melalui sampah yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati *landfill* dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut. Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran atau drainase permukaan, air hujan dan air tanah. Sedangkan menurut Darmasetiawan (2004), lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik.

Masalah yang ada di Tempat Pemrosesan Sampah (TPA) salah satunya adalah adanya

lindi sampah. Lindi sering terkumpul pada pertengahan titik pada lahan urug. lindi mengandung berbagai turunan senyawa kimia dari peluruhan sampah pada lahan urug dan hasil reaksi kimia dan biokimia yang terjadi pada lahan urug.

Apabila penanganan dan pengolahan lindi sampah tidak dilakukan secara optimal, lindi sampah ini akan masuk ke dalam air tanah ataupun ikut terbawa dalam aliran permukaan. Upaya penanggulangan masalah ini dimulai dari tahap pemilihan lokasi, dan dilanjutkan sampai sarana TPA tersebut ditutup (Damanhuri, 1996)

### **Biofilter**

Biofilter dimana mikroorganisme tumbuh dan berkembang diatas suatu media, yang dapat terbuat dari plastik, kerikil, yang di dalam operasinya dapat tercelup sebagian atau seluruhnya, atau yang hanya dilewati air saja (tidak tercelup sama sekali), dengan membentuk lapisan lendir untuk melekat di atas permukaan media tersebut sehingga membentuk lapisan biofilm.

Proses pengolahan air limbah dengan biofilter secara garis besar dapat dilakukan dalam kondisi aerob, anaerob atau kombinasi anaerob dan aerob. Proses aerobik dilakukan dengan kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah. Sedangkan proses kombinasi anaerob dan aerob merupakan gabungan proses anaerob dan proses aerob.

Proses operasi biofilter secara anaerob digunakan untuk air limbah dengan kandungan zat organik cukup tinggi, dan dari proses ini akan dihasilkan gas methana. Jika kadar COD limbah kurang dari 4000 mg/l seharusnya limbah tersebut diolah pada kondisi anaerob (Herlambang, dkk, 2002).

### **Proses Biofilter**

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen. Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media penyangga yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media penyangga yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk

lapisan massa yang tipis (*biofilm*) (Herlambang dan Marsidi, 2003).

Di dalam proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter aerobik, suplai udara dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti aerasi samping, aerasi tengah, aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal aerasi dengan air lift pump dan aerasi dengan sistem mekanik. Sistem aerasi juga bergantung dari jenis media maupun efisiensi yang diharapkan (Herlambang, dkk, 2002).

Metode biofilter yang terbuat dari bahan anorganik, ringan dan mempunyai luas permukaan spesifik yang tinggi. Semakin tinggi luas permukaan spesifiknya maka jumlah mikroorganisme yang dapat melekat juga semakin banyak.

### **Kriteria Pemilihan Media Biofilter**

Media biofilter termasuk hal yang penting, karena sebagai tempat tumbuh dan menempel mikroorganisme, juga untuk mendapatkan unsur-unsur kehidupan yang dibutuhkannya seperti nutrisi dan oksigen. Salah satu kunci penting untuk mendapatkan efluen yang maksimal adalah menggunakan media yang tepat. Media yang digunakan bisa berupa plastik (polivinil klorida), kerikil dan pecahan batu, gambut, kompos, arang aktif, sabut kelapa, humus dan tanah (Nurcahyani, 2006).

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk paparan (*plate*) dan bentuk sarang tawon. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah, kerikil, batu marmer dan batu tembikar. Proses pengolahan dengan biofilter dilakukan pengkondisian limbah terlebih dahulu dimana sampai efluen yang berasal dari proses pengolahan mengalami kondisi tunak (*steady state*) dengan efisiensi penyisihan relatif konstan dengan toleransi 10%.

Valentis dan Lasavre (1990) dalam Herlambang (2002) menyatakan bahwa dalam memilih media biofilter ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi antara lain:

- a. Prinsip-prinsip yang mengatur pelekatan (adhesi) bakteri pada permukaan media dan pembentukan biofilm.
- b. Parameter yang mengendalikan pengolahan limbah.
- c. Sifat-sifat yang harus dipenuhi oleh paket media biofilter dalam reaktor biologi pada lingkungan spesifik dan sesuai dengan teknik aplikasinya.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dipilih dengan menggunakan media kerikil. Kerikil memiliki luas permukaan yang besar, dan bakteri dapat hidup dan melekat pada permukaannya. Selain itu, penyumbatan yang terjadi pada kerikil sangat kecil dan volume rongganya besar dibandingkan dengan media lain serta mudah didapat dan relatif lebih murah.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium untuk mengetahui efisiensi penyisihan BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, amoniak, nitrit dan nitrat menggunakan reaktor biofilter dan wetland. Lindi yang digunakan berasal dari TPA Ngronggo, Salatiga.

Perhitungan waktu tinggal pada biofilter yang digunakan adalah :

### A. Biofilter Anaerob

BOD<sub>5</sub> masuk biofilter = 360,00 mg/l

Efisiensi = 50%

BOD<sub>5</sub> masuk = 360,00 mg/l – (0,5 x 360,00 mg/l)  
= 180 mg/l

Q<sub>rata-rata</sub> = 152,2 ml/menit

= 0,2192 m<sup>3</sup>/hari

Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari (Ebie Kunio, 1995).

Ditetapkan beban BOD yang digunakan = 1,5 kg BOD/m<sup>3</sup>.hari.

Beban BOD dalam air buangan

= 0,2192 m<sup>3</sup>/hari x 360,00 g/m<sup>3</sup>

= 78,912 g/hari

= 0,0789 kg/hari

Volume media yang diperlukan

=  $\frac{(0,0789 \text{ kg/hari})}{(1,0 \text{ kg/m}^3 \text{ hari})}$  = 0,078 m<sup>3</sup>

Volume media = 57% dari total volume reaktor

Volume reaktor yang diperlukan

= 100/57 x 0,078 m<sup>3</sup> = 0,137 m<sup>3</sup>

Waktu tinggal dalam reaktor

=  $\frac{\text{Volume}}{Q} = \frac{(0,137 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari})}{0,2192 \text{ m}^3 \text{ /hari}} = 15 \text{ jam}$

### B. Biofilter Aerob

BOD<sub>5</sub> masuk = 180 mg/l

Efisiensi = 60%

BOD<sub>5</sub> keluar = 180 mg/l – (0,60 x 180 mg/l)  
= 72 mg/l

Beban BOD<sub>5</sub> dalam air buangan

= 0,2192 m<sup>3</sup>/hari x 180 g/m<sup>3</sup>

= 39,456 g/hari

= 0,0395 kg/hari

Jumlah BOD<sub>5</sub> yang dihilangkan = 0,6 x 0,0395

kg/hari = 0,0237 kg/hari

Volume media yang diperlukan =  $\frac{(0,0395 \text{ kg/hari})}{(1,0 \text{ kg/m}^3 \text{ hari})}$   
= 0,039 m<sup>3</sup>

Volume media = 57% dari total volume reaktor

Volume reaktor aerob yang diperlukan = 100/57 x 0,039 m<sup>3</sup> = 0,068 m<sup>3</sup>

Waktu tinggal dalam reaktor =  $\frac{\text{Volume}}{Q} =$

$\frac{(0,068 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari})}{0,2192 \text{ m}^3 \text{ /hari}} = 7,5 \text{ jam}$

Variasi waktu tinggal penelitian :

Waktu tinggal untuk anaerob: 15 jam, 20 jam, 25 jam

Waktu tinggal untuk aerob : 7,5 jam, 12,5 jam, 17,5 jam

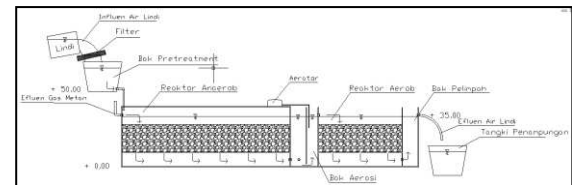
Perhitungan variasi debit berdasarkan variasi waktu tinggal penelitian dan volume reaktor:

Volume reaktor = 137 L

$$- \text{td}_{15} = \frac{V}{T_d} = \frac{137 \text{ L}}{15 \text{ jam}} = 9,13 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 152,2 \text{ ml/menit}$$

$$- \text{td}_{20} = \frac{V}{T_d} = \frac{137 \text{ L}}{20 \text{ jam}} = 6,85 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 114,2 \text{ ml/menit}$$

$$- \text{td}_{25} = \frac{V}{T_d} = \frac{137 \text{ L}}{25 \text{ jam}} = 5,48 \frac{\text{L}}{\text{jam}} = 91,3 \text{ ml/menit}$$



Gambar 2.1 Skema Rangkaian Reaktor Biofilter

## Aklimatisasi

Tahap aklimatisasi adalah tahap mengkondisikan mikroorganisme agar dapat hidup dan melakukan adaptasi.

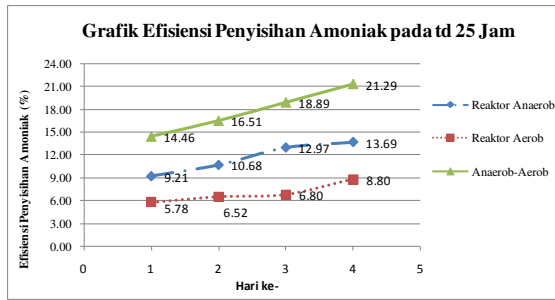
## Running

Satu siklus *running* memakan waktu 15-25 jam. Setelah *running* dan pengambilan sampel untuk satu variasi selesai, kemudian dilakukan pengambilan sampel. Setiap satu variasi dilakukan selama 5 hari secara kontinyu. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 1 kali yang dilakukan setiap hari.

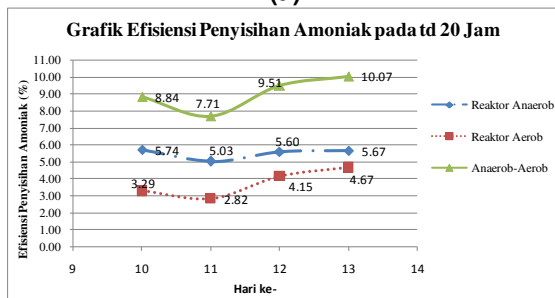
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Grafik Hasil Penelitian

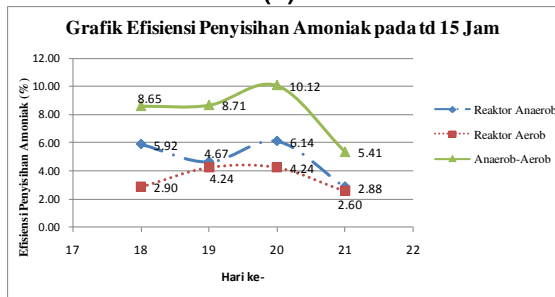
#### a. Parameter Amoniak



(a)

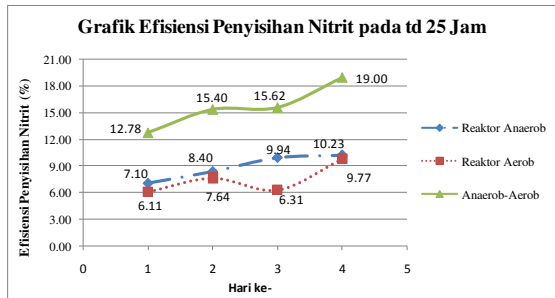


(b)

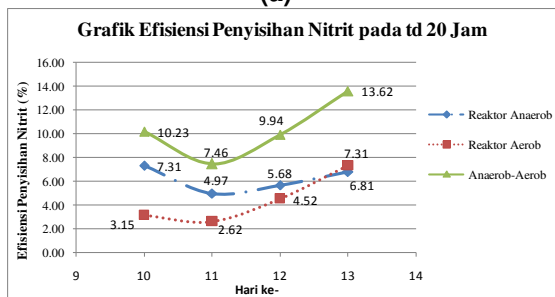


(c)

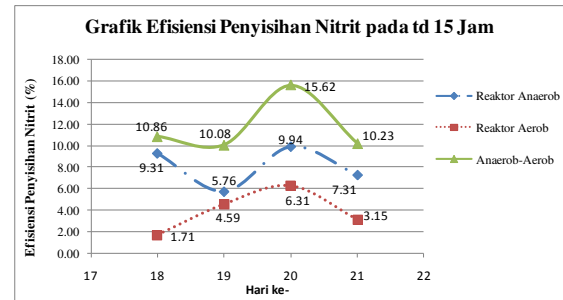
## b. Parameter Nitrit



(a)

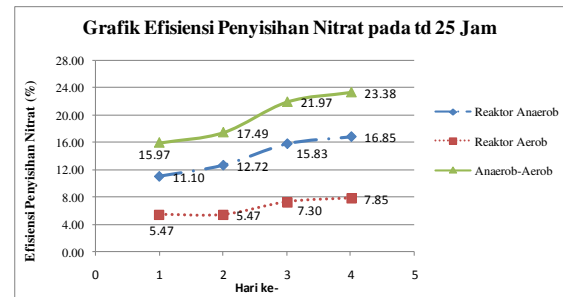


(b)

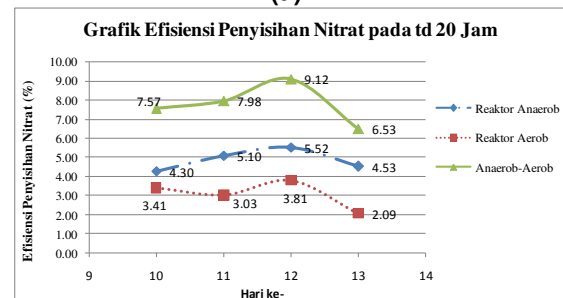


(c)

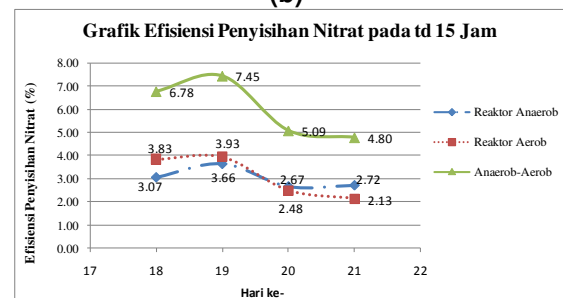
## c. Parameter Nitrat



(a)



(b)



(c)

Dari grafik hasil penelitian tersebut dapat terlihat jelas bahwa waktu tinggal sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan parameter pencemar, yaitu BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, amoniak, nitrit dan nitrat. Semakin lama waktu tinggal, semakin lama pula air lindi terkontak dengan *biological film* bakteri yang telah terbentuk pada media kerikil. Hal ini menyebabkan bakteri dapat memakan zat pencemar dengan lebih mudah sehingga

kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran effluen pun lebih kecil.

Dari grafik tersebut juga dapat terlihat bahwa effluen yang dihasilkan reaktor anaerob lebih besar efisiensinya bila dibandingkan dengan reaktor aerob. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pada reaktor aerob telah dilakukan aerasi, bakteri pada lindi bekerja lebih efektif pada kondisi anaerob. Hal ini disebabkan oleh karakteristik air lindi yang tidak memiliki kandungan oksigen di dalamnya, sehingga bakteri yang banyak terdapat pada air lindi merupakan bakteri anaerob.

#### Faktor yang Mempengaruhi Besar Efisiensi Penyisihan

##### 1. Jumlah substrat dan pH di dalam lindi

Dari hasil penelitian, pH yang terbentuk pada biofilter anaerob cenderung stabil dan tidak mengalami penurunan. Hal ini berbeda dengan yang diungkapkan oleh Said, 2002. Menurutnya substrat yang terdapat pada limbah akan dihidrolisis dan diubah menjadi asam organik dan asam asetat sehingga pH akan turun dan kemudian akan naik lagi setelah asam dikonsumsi oleh bakteri methanogen. Dari penelitian ini, yang mungkin terjadi adalah terbatasnya ketersediaan substrat yang dapat dihidrolisis oleh bakteri hidrolitik, mengingat lindi mengandung senyawa kompleks yang sulit untuk diuraikan oleh bakteri hidrolisis, sehingga mengganggu proses anaerob selanjutnya.

##### 2. Media biofilter

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil berdiameter 2cm yang berasal dari hasil saringan pasir gunung. Kerikil ini memiliki permukaan yang cukup kasar sehingga dapat menjadi tempat bakteri untuk hidup dan membuat biofilm. Pada penelitian ini didapati media kerikil ini tidak terlalu besar. Hal ini disebabkan oleh fraksi permukaan kerikil ini tidak terlalu besar sehingga bakteri yang menempel di media ini tidak sebanyak bila dibandingkan dengan penelitian lain yang menggunakan biofilter dengan media selain kerikil, seperti bioball atau sarang tawon.

#### Tabel Data Perbandingan Pengolahan Ganda

Proses pengolahan ganda yang dimaksud adalah proses pengolahan effluen lindi yang telah diolah secara tunggal (biofilter anaerob dan biofilter aerob) untuk dimasukan

lagi ke dalam aliran influen reaktor dengan debit yang sama (pengolahan ganda). Proses ini bertujuan untuk menciptakan rangkaian proses nitrifikasi - denitrifikasi yang diharapkan mampu mereduksi nitrat yang dioksidasi selama proses nitrifikasi, menjadi gas nitrogen dalam proses denitrifikasi.

#### Amoniak

Waktu tinggal	Data	Hasil (mg/l)	Efisiensi (%)	Perbedaan Efisiensi (%)
25 jam	Influen	328,39	-	9,35
	Pengolahan Tunggal	270,12	17,74	
	Pengolahan Ganda	239,41	27,09	
20 jam	Influen	330,21	-	6,59
	Pengolahan Tunggal	300,44	9,01	
	Pengolahan Ganda	278,68	15,61	
15 jam	Influen	319,80	-	5,10
	Pengolahan Tunggal	293,43	8,25	
	Pengolahan Ganda	277,13	13,34	

#### Nitrit

Waktu tinggal	Data	Hasil (mg/l)	Efisiensi (%)	Perbedaan Efisiensi (%)
25 jam	Influen	12,16	-	14,14
	Pengolahan Tunggal	10,25	15,71	
	Pengolahan Ganda	8,53	29,85	
20 jam	Influen	12,68	-	12,62
	Pengolahan Tunggal	11,38	10,25	
	Pengolahan Ganda	9,78	22,87	
15 jam	Influen	11,81	-	14,99
	Pengolahan Tunggal	10,43	11,69	
	Pengolahan Ganda	8,66	26,67	

#### Nitrat

Waktu tinggal	Data	Hasil (mg/l)	Efisiensi (%)	Perbedaan Efisiensi (%)
25 jam	Influen	44,37	-	3,54
	Pengolahan Tunggal	35,67	19,61	
	Pengolahan Ganda	34,10	23,15	
20 jam	Influen	43,18	-	5,05
	Pengolahan Tunggal	39,75	7,94	
	Pengolahan Ganda	37,57	12,99	
15 jam	Influen	43,74	-	8,00
	Pengolahan Tunggal	41,10	6,04	
	Pengolahan Ganda	37,60	14,04	

Dari data diatas dapat terlihat bahwa efisiensi penyisihan proses pengolahan ganda lebih besar bila dibandingkan dengan pengolahan tunggal. Pada pengolahan ganda, waktu tinggal juga turut berpengaruh.

#### KESIMPULAN

1. Efisiensi pengolahan lindi menggunakan biofilter anaerob-aerob terhadap parameter amoniak, nitrit dan nitrat sangat bergantung pada waktu tinggal. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan paling besar pada waktu tinggal 25 jam pada kisaran 10,23% hingga 16,85% untuk reaktor anaerob dan 17,5 jam pada kisaran 7,85% hingga 9,77% untuk reaktor aerob. Sedangkan efisiensi paling kecil terdapat pada waktu tinggal 15 jam pada kisaran

- 2,67% hingga 5,76% untuk reaktor anaerob dan 7,5 jam pada kisaran 1,71% hingga 2,6% untuk reaktor aerob;
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor biofilter anaerob lebih baik dalam menyisihkan parameter amoniak dan nitrit, sebaliknya reaktor biofilter aerob lebih baik dalam menyisihkan parameter nitrat;
  - Hasil penelitian pada pengolahan ganda menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengolahan tunggal, yaitu amoniak yang berkisar diantara 13,34% hingga 27,09%; pada nitrit berkisar diantara 22,87% hingga 29,85% dan nitrat yang berkisar diantara 12,99% hingga 23,15%.

## SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, dapat disarankan beberapa hal berikut :

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai proses pendahuluan yang dapat memecah senyawa kompleks pada lindi.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan substrat terhadap efisiensi pengolahan.
- Perlu dilakukan penambahan reaktor agar proses pengolahan ganda dapat berjalan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri.
- APHA. 1992. Standar Methods for Examination of Water and Wastewater, 17th edition. American Public Health Association. Washington DC.
- Bai, T., Hengyi Lei, Guangwei Yu, Qiang Yu, Zhong Li, dan Hualiang Li. 2009. High Nitrite Accumulation and Strengthening Denitrification for Old-Age Landfill Leachate Treatment Using An Autocontrol Two-Stage Hybrid Process. *Journal of Process Safety and Environmental Protection*; Vol 87: 307–314. [www.elsevier.com/locate/psep](http://www.elsevier.com/locate/psep).
- Boyd, Claude E. and Frank Lichtkoppler. 1982. Water Quality Management In Pond Fish Culture. International Center for Aquaculture Agricultural Experiment Station. Auburn University. Auburn, Alabama
- Chou, M. S. dan Cheng. W. H. 1997. Screening Biofiltering Material for VOC Treatment. *Journal of the Air and Waste Management Association*; Vol 47: 674-681.
- Damanhuri, Enri. 1996. Teknik Pembuangan Akhir Sampah. *Jurnal Teknik Lingkungan ITB*, Bandung.
- Dong LF, Nedwel DB Underwood GJC, Thortorn DCO. 2002. Nitrous Oxide Formation in The Colne Estuar, England: The Central Role of Nitrite. *Appl Environ Microbiol* 68: 1240-1249.
- Droste, R.L. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. John Wiley and Sons, New York.
- Eckenfelder, W. Wesley and Jack L. Musterman. 1995. Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater. Technomic Publishing AG, Switzerland.
- Effendi H. 2003. Telaahan Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Gerardi, Michael H. 2003. Microbiology of Anaerobic Digester. John Wiley and Sons Company. New Jersey.
- Helard, Denny. 2007. Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reactor Aerob. Universitas Andalas, Sumatera Barat.
- Henze, Mogens, Poul Harremoës, Jes La Cour Jansen dan Erik Arvin. 1995. Wastewater Treatment Biological dan Chemical Processes. Springer-Verlag. Jerman.
- Herlambang, Arie. 2005. Penghilangan Bau Secara Biologi dengan Biofilter Sintetik. *JAI Volume 1 Nomor 1* 2005.
- Herlambang, A dan R. Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*; Vol 4 (1): 46-55
- Hutagalung H. P. dan A. Rozak. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan. Biota. Volume ke- 2. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI.
- Jenni, Ashanur. 2011. Studi Pengaruh Debit terhadap Penurunan Amoniak-nitrogen dan COD dalam Air Lindi melalui Proses Anaerob-Aerob menggunakan Media Terlekat. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Kirchman D.L. 2000. *Microbial Ecology of The Ocean*. New York: Wiley Liss. A John and Sons Inc.
- Kulikowska Dorota dan Ewa Klimiuk. 2008. The Effect of Landfill Age on Municipal Leachate Composition. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Latifah, Mauliddani. 2011. Studi Pengaruh Waktu Tinggal terhadap Penurunan Nitrit, Nitrat dan BOD dalam Air Lindi melalui Proses Anaerob-Aerob menggunakan Media Terlekat. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Li, Huosheng, Shaoqi Zhou, Yanbo Sun, Jiang Lv. 2010. Nitrogen and carbon removal from Fenton-treated leachate by denitrification and biofiltration. *Journal of Bioresource Technology*; Vol 101: 7736–7743. [www.elsevier.com/locate/psep](http://www.elsevier.com/locate/psep).
- Madigan, Michael T., John M. Matinko and Jack Parker. 2002. *Brock's Biology of Microorganism*. 10th ed. New York; Southern Illinois University Carbondale.
- Mangimbulude, Jubhar C., Nico M. van Straalen, dan Wilfred F.M. Roling. 2012. Microbial Nitrogen Transformation Potential in Surface Run-Off Leachate from A Tropical Landfill. *Journal of Waste Management*; Vol 32: 77–87. [www.elsevier.com/locate/wasman](http://www.elsevier.com/locate/wasman)
- Nurchayani, Puji Rahmawati. 2006. Kajian Aplikasi Bakteri *Nitrosomonas* sp pada Teknik Biofilter untuk Penghilangan Emisi Gas Amoniak. Skripsi Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ompusunggu, Henni. 2009. Analisa Kandungan Nitrat Air Sumur Gali Masyarakat di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Desa Namo Bintang Kecamatan Pancur Batu Kabupaten Deli Serdang. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Pelczar, Chan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi* Jilid 2. Jakarta: Universitas Indonesia
- Ratnawati, Beata. 2010. Penurunan COD Limbah Tahu dengan Biofilter Media Kerikil Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Said, Nusa Idaman. 1997. Alat Pengolah Air Limbah Rumah Tangga Individual "Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob". *Indonesia Scientific Journal Indonesia* No 10 Tahun IV.
- Said, Nusa I., Arie Herlambang dan Wahyu Hidayat. 2002. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. BBPT. Jakarta.
- Said, Nusa Idaman dan Rina Tresnawaty. 2001. Penghilangan Amoniak di Dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon. Vol.2, No. 1, Januari 2001 : 11-27. *Jurnal Teknologi Lingkungan*
- Salle, A.J. 1973. *Fundamental Principles of Bacteriology*. McGraw-Hill : Singapore.
- Sarwono, Jonathan. 2012. *Metode Riset Skripsi Pendekatan Kuantitatif (Menggunakan Prosedur SPSS)*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Setiapermana, Deddy. 2006. Siklus Nitrogen di Laut. *Oseana*, Volume XXXI, Nomor 2, 2006 : 19 – 31. [www.oseanografi.lipi.go.id](http://www.oseanografi.lipi.go.id)
- Suriawiria, Unus. 1996. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Air Buangan*. Alumni. Bandung.
- Tchobanoglous, George and Franklin L., Burton. 2003. *Wastewater Engineering - Treatment and reuse* (4th edition), Mc Graw Hill Inc. Singapura.
- Tchobanoglous, George and Theisen H, Vigil SA. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, Inc., N.Y.
- Waluyo, Lud. 2004. *Mikrobiologi Umum*. UMM Press : Malang
- Wardoyo, S. T. H. 1975. *Pengelolaan Kualitas Air (Water Quality Management)*. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Woon B.H. 2007. Removal of Nitrate Nitrogen in Conventional Wastewater Treatment Plants. Thesis, Civil Engineering. Universiti Teknologi Malaysia.